

УДК 631.371

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДОСТИЖЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТЫ

Ю.М. Федюшко, доктор технических наук

И.В. Борохов, кандидат технических наук

Таврический государственный агротехнологический университет

Проанализировано возможность получения требуемых спектральных характеристик синтезаторов частоты которые будут использоваться в качестве возбудителей рефлектометрических систем для исследования биологических объектов. Приведены и проанализированы некоторые структурные схемы синтезаторов частоты.

Синтезатор частоты, метод адаптивной компенсации, рефлектометрия биологических объектов, повышение быстродействия, трехкольцевой синтезатор.

Как показал проведенный анализ, основной целью оптимального проектирования синтезаторов частоты для рефлектометрии биообъектов является достижение минимального уровня помех в выходном спектре синтезатора частот в режиме синхронизма. Это необходимо обеспечить в условиях когда в кольце обратной связи одновременно действуют внутренние помехи, возникающие в стабилизируемом автогенераторе, и внешние помехи, в основном, обусловленные комбинационными частотами от генератора эталонных частот. Стремление к достижению лучшей фильтрации тех и других помех приводит к противоречивым требованиям к частотным характеристикам передаточной функции ФАП. Подавление помех обоих видов можно обеспечить одновременно, однако в абсолютно устойчивой системе ФАП при заданной глубине подавления одних помех существует предел возможного подавления другими [2].

Проблема разрешения противоречий между динамическими и спектральными характеристиками систем синтеза частот является самой сложной задачей проектирования СЧ [2]. Достижения компромисса между спектральными и динамическими характеристиками достигается различными методами и способами [2]. Рассмотрим существующие в настоящее время методы улучшения спектральных и динамических характеристик цифровых синтезаторов частот (ЦСЧ).

Цель исследований – для обеспечения точности дистанционного измерения диэлектрической проницаемости биологических объектов, рефлектометрическими системами в свободном пространстве необходимо провести анализ возможностей достижения требуемых спектральных характеристик синтезатора частоты как возбудителя данных систем.

Материал и методика исследований. В [2] предложен метод расширения полосы захвата при сохранении фильтрующей способности СЧ в установившемся режиме за счет предварительной установки генератора

управляемого напряжением вблизи требуемой номинальной частоты. В схему ЦСЧ вводится цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) и дешифратор (ДШ). Диапазон перестройки генератора управляемого напряжением делится на ряд диапазонов.

Развитие этого метода в [6] производится за счет введения автоматического выбора управляющих напряжений. Для определения момента вхождения системы ИФАПЧ в указанный режим в схему вводится датчик частотного рассогласования (ДЧР). Для формирования закона изменения напряжения подстройки включается устройство формирования кода (УФК).

В [6] повышение быстродействия СЧ достигается с помощью систем автоматического поиска частоты (АПЧ), использующий для уменьшения начального частотного рассогласований частотный детектор.

Результаты исследований. Для этого применяется схема двухкольцевой петли синтезатора частоты. В этом случае режим захвата обеспечивается частотным детектором, напряжение на выходе которого падает до 0 сразу же после установления режима захвата по фазе. Далее в действие вступает фазовый дискриминатор и происходит захват частоты ГУН [2].

Обе эти функции могут быть совмещены в едином приборе, например, импульсном частотно-фазовом детекторе (ИЧФД), как показано на рис. 1.

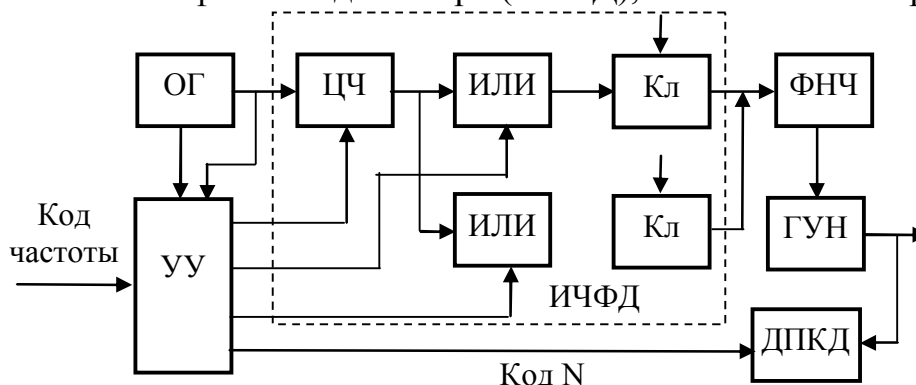


Рис. 1. Структурная схема СЧ с ИЧФД

Критерием смены режима работы ИЧФД является нарушение очередности поступления входных импульсов дискриминатора [4].

Расширение полосы захвата при сохранении высокой фильтрующей способности СЧ возможно также за счет непосредственного изменения характеристик канала управления кольца ФАПЧ в режиме захвата. Например, включение в канал управления нелинейного фильтра нижних частот на основе RC – фильтра. В [4] предложен вариант нелинейного коммутируемого фильтра (КФ) на основе RC фильтра, в котором параллельно резистору R включен ключ. Основным недостатком при использовании КФ является борьба с коммутационной помехой, образующейся на выходе фильтра. В [2] расширение полосы захвата осуществлено за счет изменения коэффициента усиления петли ФАПЧ. В структурную схему синтезатора в цепь управления ГУН введен регулируемый усилитель постоянного тока (УПТ). Такой же усилитель может быть введен между выходом дискриминатора и входом ФНЧ с целью изменения коэффициента передачи детектора в переходном режиме.

Управление коэффициентом усиления УПТ осуществляется при переключении частот СЧ.

Повышение быстродействия в ЦСЧ также достигается за счет включения делителя с дробным коэффициентом деления (ДДПКД) вместо ДПКД [3, 7].

Применение ДПКД повышает $f_{ог}$ при заданном шаге $F_{ш}$. Однако улучшение динамических характеристик синтезатора возможно в случае, если приняты меры по снижению так называемых «помех дробности» [3, 7].

Другим способом повышение быстродействия [3] является использование алгоритмов аппроксимации номинальных значений ГУН. В этом случае вместо ДПКД вводится ДПКД2 с коэффициентом деления R_d (рис. 2). Тогда справедливо равенство $f_{уоу н} = f_{ор} N / R_d$.

Использование алгоритмов аппроксимации позволяет существенно повысить быстродействие СЧ, однако приводит к непостоянству $F_{ш}$, что накладывает известные ограничения на область применения таких синтезаторов. Кроме того, реализующая алгоритм, система ИФАПЧ работает с изменяющейся в широких пределах частотой сравнения f_0 , что затрудняет оптимизацию параметров цепи регулирования. Повышение быстродействия достигается также использованием многокольцевых ИФАПЧ [2, 4]. На рис. 3 приведена двухкольцевая схема СЧ.

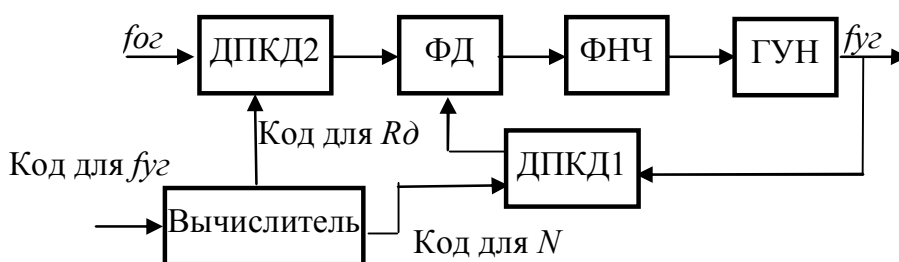


Рис. 2. Структурная схема синтезатора с аппроксимацией значений выходных частот

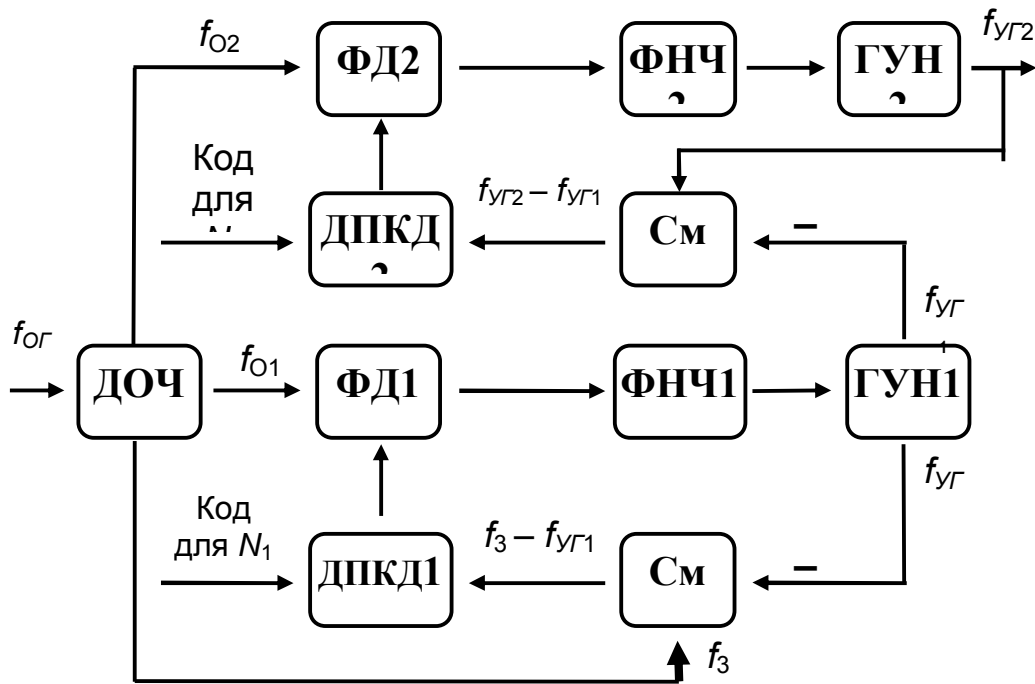


Рис. 3. Структурная схема двухкольцевого синтезатора частоты

Выходная частота синтезатора определяется соотношением (1) [7]:

$$f_{yГ2} = f_3 - N_1 f_{O1} + N_2 f_{O2}, \quad (1)$$

где f_{O1}, f_{O2} – частоты сравнения первого и второго колец ИФАПЧ;
 f_3 – частота подставки, вырабатываемая датчиком опорных частот (ДОЧ).

Изменив N_1 и N_2 на единицу, можно получить перестройку $f_{yГ}$ на величину $F_{ш} = f_{O2} - f_{O1}$. Частоты f_{O1} и f_{O2} могут быть на несколько порядков выше $F_{ш}$. При правильном выборе частотного режима смесителей (См) комбинационные составляющие на их выходах фильтруются кольцом ИФАПЧ.

При использовании схемы трехкольцевого синтезатора (рис. 4) – трансформация шага сетки частот происходит за счет деления частоты второго синтезатора $f_{yГ2}$ и использования ее в качестве опорной в выходном кольце ИФАПЧ. Вспомогательный синтезатор СЧ1 необходим для расширения диапазона перестройки синтезатора. Выходная частота определяется соотношением $f_{yГ} = f_{yГ1} + f_{yГ2}/M$. Отсюда следует, что шаг сетки частот на выходе СЧ в M раз меньше шага (частоты сравнения) СЧ2. Выбирая благоприятный режим смесителя, сложный полосовой фильтр на его выходе можно заменить достаточно широкополосным ФНЧ, не ухудшая динамику выходного кольца синтезатора [5].

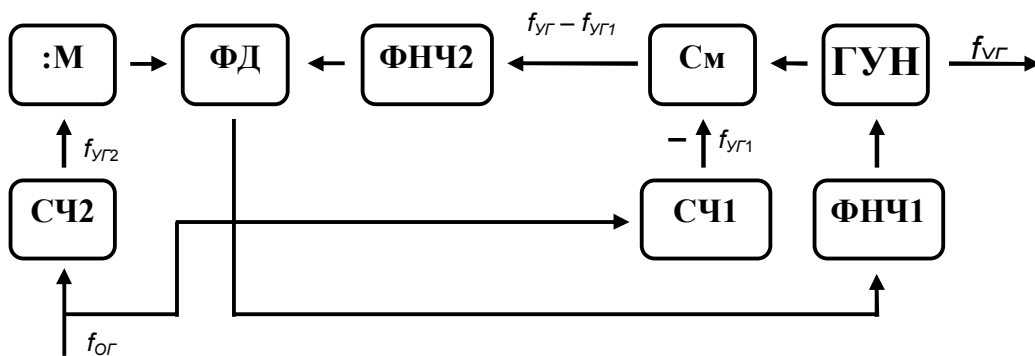


Рис. 4. Структурная схема трехкольцевого синтезатора частоты

Как показал проведенный нами анализ и работы [2], из рассмотрения принципа работы цифрового синтезатора видно, что в установившемся режиме на выходе ИФД действует напряжение в виде периодической последовательности видеоимпульсов с частотой следования, равной частоте сравнения, меньшей или равной шагу перестройки $f_{cp} \leq F_{ш}$. Компоненты спектра этой последовательности с частотами, кратными f_{cp} , будут играть основную роль в образовании гармонических помех на выходе цифрового синтезатора, ибо они непосредственно воздействуют на объект регулирования – управляющий элемент контура генератора [3]. Наиболее опасной из них является первая гармоника частоты сравнения. Присутствие ее на управляющем элементе вызовет угловую модуляцию основного сигнала.

Величина индекса модуляции, а следовательно, количество и уровень боковых компонент будут зависеть от амплитуды первой гармоники частоты сравнения, величины подавления ее ФНЧ и крутизны характеристики управляющего элемента.

Для подавления частоты сравнения в СЧ на практике применяют пассивные фильтры RC и LC , реализующие характеристики Баттеворта, Чебышева [1] и др.

Выводы

В результате проведенного анализа возможностей достижения требуемых спектральных и динамических характеристик СЧ можно сделать выводы о том, что существующие методы и способы не обеспечивают в полной мере необходимый компромисс между спектральными и динамическими характеристиками СЧ. Кроме того для высокоточных измерений рефлектометрии биологических объектов существующие синтезаторы не обеспечивают необходимого уровня, подавления побочных составляющих в спектре выходного сигнала.

Список литературы

1. Альбац М. Е. Справочник по расчету фильтров и линий задержки / М. Е. Альбац. – М.; Госэнергоиздат, 1963. – 200 с.
2. Галин А. С. Диапазонно-кварцевая стабилизация СВЧ / Галин А. С. – М.: Связь, 1976. – 256 с.

3. Губернаторов О. И. К вопросу о побочном излучении в цифровых синтезаторах частот / О. И. Губернаторов, А. Г. Гордиенко, В. Т. Пивовар // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 1969. – Т. XII. – № 10. – С. 140 - 143.

4. Левин Б. А. Синтезаторы частот с системой импульсно-фазовой автоподстройки / Б. А. Левин, В. Н. Малиновский, С. К. Романов. – М.: Радио и связь, 1989. – 232 с.

5. Манасевич В. Синтезаторы частот. Пер. с англ. / Манасевич В. Под ред. А. С. Галина, Связь, 1979. – 384 с.

6. Шахгильдян В. В. Системы фазовой автоподстройки с элементами дискретизации / В.В. Шахгильдян, А.А. Ляховкин // – М.: Энергия, 1979. – 224 с.

7. Шахгильдян В. В. Общие принципы построения быстродействующих синтезаторов на основе систем фазовой синхронизации / В. В. Шахгильдян, А. В. Петряков, А. Н. Кабанов // – Электросвязь. – 1983. – № 10. – С. 36 - 42.

Проаналізовано можливості отримання необхідних спектральних характеристик синтезаторів частоти які будуть використовуватися в якості збудників рефлектометричних систем для дослідження біологічних об'єктів. Наведені та проаналізовані деякі структурні схеми синтезаторів частоти.

Синтезатор частоти, метод адаптивної компенсації, рефлектометрія біологічних об'єктів, підвищення швидкодії, трьохкільцевий синтезатор.

Analyzed the possibility of obtaining the desired spectral characteristics of the frequency synthesizer to be used as agents of reflectometric systems for the study of biological objects. Presented and analyzed some of the structural scheme of synthesizers.

Frequency synthesizer, method of adaptive compensation, reflectometry biological objects, performance improvement, the three-synthesizer.